Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института, том XXXII, вып. 1, 1954 г.

ЕДИНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТЯГОВЫХ ОРГАНОВ КАНАТНЫХ ОТКАТОК И ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Канд. техн. наук А. М. Факторович

Существующий метод расчета тягового органа рудничных канатных откаток аналогичен методу расчета каната шахтных подъемных установок, разработанному А. П. Германом [1].

Метод заключается в определении веса погонного метра каната по максимальной статической нагрузке на канат, включающей также его собственный вес, и в выборе каната по заводским данным на основе найденного веса.

Применяемый в настоящее время метод расчета тягового органа ленточных конвейеров состоит в предварительном определении мощности на валу приводного барабана конвейера, для чего ориентировочно принимается вес движущихся частей конвейера, затем последовательно определяются: тяговое усилие, максимальное натяжение ленты, потребное число прокладок и, наконец, вес погонного метра ленты. После того, как ориентировочно определен вес ленты, производится повторный окончательный расчет. При существующей методике расчета вес движущихся частей конвейера должен неизбежно приниматься ориентировочно, так как точный вес ленты в начале расчета неизвестен.

В результате погрешность при предварительном определении тягового усилия может быть весьма значительной. Так, подсчеты показывают, что для горизонтальной установки эта погрешность может достигать 20%, а для наклонной установки с движением груза вниз — свыше 100%. Для снижения величины погрешности, когда после детального расчета выявляется, что вес погонного метра ленты был определен неправильно, приходится производить перерасчет.

Однако, как ниже будет показано, имеется возможность по аналогии с методом расчета канатов, разработанным А. П. Германом [1], и по аналогии со способом предварительного определения числа прокладок ленты, предложенным Н. С. Поляковым [2], найти выражение для определения веса ленты по максимальному статическому усилию, не задаваясь произвольно весом движущихся частей конвейера, и тем избежать указанной погрешности и упростить расчет.

Вес погонного метра ленты в зависимости от элементов ее конструкции выражается общепринятой формулой

$$q_л = 1{,}1B(s'i + s_0), \qquad (1)$$

где B — ширина ленты, *м*;

s' — толщина ленты, приходящаяся на одну прокладку, *мм*;

i — число прокладок ленты;

s_0 — толщина верхней и нижней обкладок, *мм*.

Потребное число прокладок ленты в зависимости от ее максимальной статической нагрузки будет равно

$$i = \frac{S_м m}{100 B k_z}, \tag{2}$$

где $S_м$ — максимальное статическое натяжение ленты, *кг*;
m — запас прочности ленты;
k_z — временное сопротивление разрыву 1 *пог. см* ширины одной прокладки, *кг/см*.

Заменим в формуле (1) величину i ее значением из формулы (2); тогда формула (1) будет иметь следующий вид:

$$q_л = 1{,}1B\left(\frac{S_м m s'}{100 B k_z} + s_0\right). \tag{3}$$

Максимальное статическое натяжение ленты по формуле Эйлера и Жуковского

$$S_м = \frac{e^{\mu\alpha_1}}{e^{\mu\alpha_1} - 1} W_0 = k_0 W_0, \tag{4}$$

где e — основание натуральных логарифмов;
μ — коэффициент сцепления ленты с приводным барабаном;
α_1 — угол обхвата лентой приводного барабана, радианы;
W_0 — тяговая сила на окружности приводного барабана, *кг*.

Подставив значение $S_м$ из формулы (4) в формулу (3), получим

$$q_л = 1{,}1B\left(\frac{k_0 W_0 m s'}{100 B k_z} + s_0\right). \tag{5}$$

Величина тяговой силы на окружности приводного барабана

$$W_0 = \frac{102 N_0}{v}, \tag{6}$$

где N_0 — мощность на валу приводного барабана *квт*;
v — скорость движения ленты, *м/сек*.

Заменим в формуле (5) величину W_0 ее значением из формулы (6)

$$q_л = 1{,}1B\left(\frac{1{,}02 k_0 m s' N_0}{B k_z v} + s_0\right). \tag{7}$$

Мощность на валу приводного барабана может быть выражена общепринятой формулой

$$N_0 = CLv + QL\left(\varphi_г \pm 28 \cdot 10^{-4} \sin\alpha\right) =$$
$$= \varphi_x\left(2q_л + q'_р + q''_р\right) Lv + QL\left(\varphi_г \pm 28 \cdot 10^{-4} \sin\alpha\right), \tag{8}$$

где C — коэффициент, принимаемый в зависимости от ширины ленты и типа подшипников роликоопор;
L — длина установки, *м*;
Q — расчетная производительность, *т/час*;
α — угол наклона установки;
φ_x, $\varphi_г$ — коэффициенты, принимаемые в зависимости от типа подшипников роликоопор;
$q'_р$, $q''_р$ — вес вращающихся частей роликоопор соответственно грузовой и холостой ветвей, приходящихся на 1 *пог. м* установки, *кг/м*.

Подставим значение N_0 из формулы (8) в формулу (7), тогда

$$q_л = 1{,}1B\left\{\frac{1{,}02k_0 ms'L\left[\varphi_x\left(2q_л + q_р' + q_р''\right)v + Q\left(\varphi_г \pm 28\cdot 10^{-4}\sin\alpha\right)\right]}{Bk_z v} + s_0\right\}. \quad (9)$$

Решив уравнение (9) относительно $q_л$, получим

$$q_л = \frac{1{,}12k_0 ms'L\left[\varphi_x v\left(q_р' + q_р''\right) + Q\left(\varphi_г \pm 28\cdot 10^{-4}\sin\alpha\right)\right] + 1{,}1Bk_z v s_0}{v\left(k_z - 2{,}25k_0 ms'L\varphi_x\right)}. \quad (10)$$

Выражение (10) может быть упрощено с сохранением достаточной степени точности, необходимой для практических целей, путем подстановки постоянных или близких им средних значений величин.

В соответствии с существующими практическими данными можно принять: $m = 12$; $s' = 1{,}35$; $\varphi_x = 55\cdot 10^{-5}$; $q_р' = 14$; $q_р'' = 4$; $\varphi_г = 15\cdot 10^{-5}$; $k_z = 60$; тогда уравнение (10) после соответствующих преобразований будет иметь вид:

$$q_л = \frac{0{,}15k_0 L\left[65 + \frac{Q}{v}\left(1 \pm 19\sin\alpha\right) + 3300Bs_0\right]}{3000 - k_0 L} \quad (11)$$

Выражение (11), как это следует из формулы (4), пригодно для всех основных случаев транспорта, когда точки максимального и минимального натяжений ленты находятся в зоне обхвата приводного барабана. Для всех других случаев, относительно реже встречаемых в практике, может быть выведена аналогичная формула.

Формулы (10) и (11) позволяют упростить существующую методику расчета ленточных конвейеров, так как дают возможность определить вес погонного метра ленты непосредственно без предварительного расчета. По найденному весу ленты, аналогично расчету тягового органа канатных откаток, ведется дальнейший расчет общепринятым методом.

Таким образом, предлагаемый способ устанавливает единство метода расчета тягового органа канатных откаток и ленточных конвейеров.

На основании формул (10) и (11) может быть также решен весьма важный вопрос, встречающийся в практике эксплуатации, — определение максимальной длины установки на один привод по условиям прочности тягового органа и отсутствия скольжения ленты на барабане.

Решим уравнение (10) относительно L и заменим величину $q_л$ ее значением из формулы (1)

$$L' = \frac{Bk_z vi}{1{,}02k_0 m\left\{\varphi_x\left[2{,}2B\left(s'i + s_0\right) + q_р' + q_р''\right]v + Q\left(\varphi_г \pm 28\ \ 10^{-4}\sin\alpha\right)\right\}}. \quad (12)$$

Подставим в формулу (12) приведенные выше средние значения величин, тогда формула после элементарных преобразований примет упрощенный вид

$$L' = \frac{Bi}{3\ \ 10^{-5}k_0\left[8B\left(1{,}35i + s_0\right) + 65 + \frac{Q}{v}\left(1 \pm 19\sin\alpha\right)\right]}. \quad (13)$$

Формула (13) дает возможность определить максимальную длину установки в зависимости от прочности тягового органа при отсутствии скольжения ленты на барабане. Однако, как известно, длину конвейера лимитирует не только прочность тягового органа, но и установленная мощность двигателя.

Максимальная длина ленточного конвейера в зависимости от установленной мощности двигателя N_y может быть получена из выражения (8) путем замены величины $q_л$ ее значением из формулы (1) и величины N_0 ее значением

$$N_0 = \frac{N_y \eta_z}{\lambda}, \tag{14}$$

где η_z — к. п. д. передаточного механизма;

λ — коэффициент запаса мощности на преодоление неучтенных сопротивлений.

Тогда максимальная длина конвейера по условию установленной мощности двигателя

$$L'' = \frac{N_y \eta_z}{\lambda \{\varphi_x [2{,}2B(s'i + s_0) + q'_p + q''_p] v + Q(\varphi_г \pm 28 \cdot 10^{-4} \sin \alpha]\}} \tag{15}$$

Формула (15) после подстановки приведенных выше средних значений величин, $\eta_z = 0{,}8$ и $\lambda = 1{,}2$ будет иметь следующий вид:

$$L'' = \frac{N_y}{23 \quad 10^{-5} \{8v [B(1{,}35i + s_0) + 8] + Q(1 \pm 19 \sin \alpha)\}} \tag{16}$$

Очевидно, допустимая длина конвейера на один привод должна быть принята по наименьшему значению, полученному по формулам (13) и (16).

ЛИТЕРАТУРА

1. Герман А. П. и Шклярский Ф. Н. Рудничные подъемные установки. Углетехиздат, 1947.

2. Поляков Н. С. Расчет подземных ленточных транспортеров. Сборник трудов Днепропетровского горного института, ОНТИ, 1936.

Поступило 15.X.1953 г.